Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

Corrigé du sujet d'examen - E4 - Sciences et techniques industrielles - BTS TM (Traitements des Matériaux) - Session 2019

1. Rappel du contexte du sujet

Ce sujet d'examen pour le BTS Traitements des Matériaux (code bts-tm) de la session 2019 comporte deux exercices indépendants. L'exercice 1 aborde la cémentation, tandis que l'exercice 2 traite du chauffage par induction. Les étudiants doivent démontrer leur compréhension des principes thermodynamiques et des techniques de traitement des matériaux.

2. Correction question par question

Exercice 1 - Production d'une atmosphère de cémentation

1.1. Généralités

Idée de la question : Rappeler le but de la cémentation.

Raisonnement attendu : La cémentation est un procédé de traitement thermique visant à durcir la surface des aciers en enrichissant la couche superficielle en carbone.

Réponse modèle : Le but de la cémentation est d'augmenter la dureté de la surface des aciers en leur apportant du carbone, ce qui améliore leur résistance à l'usure tout en conservant une ductilité au cœur de la pièce.

1.2.a. Enthalpie standard et influence de la température

Idée de la question : Identifier les valeurs dans l'expression de $\Delta rG°1$.

Raisonnement attendu : La première valeur ($128,1\times10^3$) correspond à l'enthalpie standard de réaction $\Delta rH°1$, tandis que la seconde (332,3) est liée à l'entropie.

Réponse modèle : Dans l'expression de $\Delta rG°1$, $128,1\times10^3$ J/mol représente l'enthalpie standard de la réaction $\Delta rH°1$, et 332,3 J/mol·K représente l'entropie standard $\Delta rS°1$. Une augmentation de la température favorise les réactions endothermiques, ce qui peut déplacer l'équilibre vers la droite, augmentant ainsi la production de H_2 et CO.

1.2.b. Constante K1 et proportions des gaz

Idée de la question : Déterminer la constante K1 à 900°C et les proportions des gaz.

Raisonnement attendu : Utiliser l'équation de Gibbs pour calculer K1 et appliquer le principe de Le Chatelier.

Réponse modèle : À 900°C (1173 K), $\Delta rG°1 = 128,1\times10^3 - 332,3 \times 1173 = - 197,1 \times 10^3$ J/mol. La constante K1 est donnée par $K1 = e^{-\Delta rG°1/(RT)}$. En calculant, on obtient $K1 \approx 2,5$. Les proportions volumiques des gaz produits sont de 67% de H_2 et 33% de CO.

1.3.a. Présence d'eau et CO2

Idée de la question : Justifier pourquoi la présence d'eau et de CO2 est néfaste.

Raisonnement attendu : Expliquer que ces gaz peuvent nuire à la qualité du traitement.

Réponse modèle : La présence d'eau (H_2O) et de dioxyde de carbone (CO_2) dans le four est néfaste car ils peuvent réagir avec le carbone et diminuer l'efficacité de la cémentation, entraînant une réduction de la dureté de la surface traitée.

1.3.b. Techniques de contrôle

Idée de la question : Proposer des techniques de contrôle de l'eau et du CO2.

Raisonnement attendu : Proposer des méthodes de mesure ou de filtration.

Réponse modèle : Pour contrôler la présence d'eau, on peut utiliser des déshydratants ou des capteurs d'humidité. Pour le dioxyde de carbone, des capteurs de gaz spécifiques peuvent être employés pour surveiller les niveaux de CO_2 dans l'atmosphère du four.

1.3.c. Équations des réactions (2) et (3)

Idée de la question : Écrire les équations des réactions (2) et (3).

Raisonnement attendu : Écrire les équations chimiques en respectant la stœchiométrie.

Réponse modèle : La réaction (2) s'écrit : $CH_3OH(g) \rightarrow CO_2(g) + C(s) + H_2(g)$. La réaction (3) s'écrit : $CH_3OH(g) \rightarrow H_2O(g) + C(s) + CH_4(g)$.

1.3.d. Analyse des courbes

Idée de la question : Analyser les courbes pour justifier l'affirmation sur la dissociation thermique.

Raisonnement attendu : Comparer les courbes de $\Delta rG°$ pour les trois réactions.

Réponse modèle : L'analyse des courbes montre que la réaction (1) devient favorable à des températures plus élevées, tandis que les réactions (2) et (3 deviennent moins favorables, ce qui confirme que la dissociation thermique des liquides organiques détermine la composition chimique de l'atmosphère générée in situ.

1.3.e. Température de 900°C

Idée de la question : Justifier pourquoi 900°C est une température convenable.

Raisonnement attendu : Expliquer l'effet de la température sur les réactions.

Réponse modèle : Travailler à 900°C favorise la réaction (1) par rapport aux réactions (2) et (3, car à cette température, $\Delta rG°1$ est négatif, ce qui indique que la réaction est exergonique et donc favorisée.

1.4. Forme de l'acier à 900°C

Idée de la question : Préciser la forme de l'acier et justifier.

Raisonnement attendu : Identifier la phase de l'acier à cette température.

Réponse modèle : À 900°C, l'acier se trouve sous forme austénitique. Cela est justifié par le fait que l'austénite est stable à des températures supérieures à 727°C, et cette phase favorise l'absorption de carbone lors de la cémentation.

1.5.a. Risques liés au dihydrogène

Idée de la question : Identifier les risques liés au dihydrogène.

Raisonnement attendu : Énumérer les risques principaux.

Réponse modèle : Les deux grands risques liés à l'utilisation du dihydrogène dans un atelier sont le risque d'explosion et le risque d'anoxie, qui peut entraîner des accidents graves.

1.5.b. Limites d’inflammabilité

Idée de la question : Donner les limites d'inflammabilité du dihydrogène.

Raisonnement attendu : Citer les valeurs spécifiques.

Réponse modèle : Les limites d'inflammabilité du dihydrogène dans l'air à température ambiante sont de 4% à 75% en volume.

1.5.c. Justification de la température d'introduction

Idée de la question : Justifier l'introduction des liquides organiques au-dessus de 750°C.

Raisonnement attendu : Expliquer le risque d'inflammation.

Réponse modèle : Il est crucial d'introduire les liquides organiques dans le four uniquement à des températures supérieures à 750°C, car en dessous de cette température, le mélange peut devenir inflammable et entraîner des risques d'explosion en cas d'entrée d'air.

1.5.d. Précautions pour liquides organiques

Idée de la question : Préciser les précautions à prendre.

Raisonnement attendu : Énumérer les mesures de sécurité.

Réponse modèle : Les précautions particulières comprennent l'utilisation de systèmes de ventilation appropriés, la mise en place de détecteurs de gaz, et le respect des normes de sécurité pour éviter tout risque d'inflammation ou d'explosion.

Exercice 2 - Chauffage par induction

2.1. Principe du chauffage par induction

Idée de la question : Expliquer le principe du chauffage par induction.

Raisonnement attendu : Décrire le fonctionnement de l'inducteur et des courants de Foucault.

Réponse modèle : Le chauffage par induction repose sur l'utilisation d'un champ électromagnétique

généré par un courant alternatif dans l'inducteur, ce qui induit des courants de Foucault dans la pièce à chauffer, provoquant son échauffement. Un schéma illustrant l'inducteur, l'induit et les courants de Foucault est essentiel pour une compréhension complète.

2.2. Rôle du circuit d'eau

Idée de la question : Expliquer le rôle du circuit d'eau dans l'inducteur.

Raisonnement attendu : Décrire la fonction de refroidissement.

Réponse modèle : Le circuit d'eau dans l'inducteur a pour rôle de refroidir la bobine de cuivre afin d'éviter une surchauffe qui pourrait endommager l'équipement et garantir un fonctionnement optimal.

2.2.a. Unité de la résistivité

Idée de la question : Donner l'unité de la résistivité.

Raisonnement attendu : Citer l'unité dans le système international.

Réponse modèle : L'unité de la résistivité dans le système international est l'ohm-mètre (Ω·m).

2.2.b. Calcul de la résistance et énergie perdue

Idée de la question : Calculer la résistance et l'énergie perdue.

Raisonnement attendu : Utiliser la formule de la résistance et l'effet Joule.

Réponse modèle : Pour un fil de cuivre de diamètre 4 mm, la section est $S = \pi(0{,}002\ \text{m})^2 = 3{,}14 \times 10^{-5}\ \text{m}^2$. La résistance R pour 1 m est donnée par $R = \rho \times \ell / S$. En utilisant $\rho = 1{,}62 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$, on obtient $R \approx 0{,}51\ \Omega$. L'énergie perdue par effet Joule par minute est donnée par $E = R \times I^2 \times t$, soit $E \approx 77$ kJ.

2.2.c. Débit massique d'eau

Idée de la question : Déterminer le débit massique d'eau.

Raisonnement attendu : Appliquer la relation de la chaleur pour l'eau.

Réponse modèle : Le débit massique d'eau nécessaire pour absorber 77 kJ en une minute, avec un échauffement de 5°C, est donné par $Q = m \times c \times \Delta T$. En résolvant, on trouve un débit massique d'environ 3,7 kg/s.

2.3. Profondeur de pénétration à 2 kHz

Idée de la question : Calculer la profondeur de pénétration pour un acier à 2 kHz.

Raisonnement attendu : Utiliser la formule donnée dans l'annexe.

Réponse modèle : En utilisant les données de l'annexe et la formule $p = \rho \times \mu_r \times \mu_0 \times f$, on peut calculer la profondeur de pénétration p pour l'acier à 2 kHz, qui est d'environ 1,5 mm.

2.4. Fréquence pour diviser la profondeur par 2

Idée de la question : Préciser la fréquence à appliquer pour diviser la profondeur par 2.

Raisonnement attendu : Appliquer la relation de dépendance de la profondeur avec la fréquence.

Réponse modèle : Pour diviser la profondeur de pénétration par 2, il faut doubler la fréquence, donc passer à 4 kHz.

2.5. Profondeur de pénétration à 800°C

Idée de la question : Calculer la profondeur de pénétration à 800°C et comparer.

Raisonnement attendu : Recalculer la profondeur à la nouvelle température.

Réponse modèle : À 800°C, la profondeur de pénétration p' est d'environ 1,2 mm. En comparant p et p', on observe que la profondeur de pénétration diminue avec l'augmentation de la température, ce qui est attendu car la résistivité diminue.

2.6. Mode de transfert thermique

Idée de la question : Identifier le mode de transfert thermique au cœur de la pièce.

Raisonnement attendu : Expliquer le mode de transfert.

Réponse modèle : Le mode de transfert thermique qui permet à la température du cœur de la pièce d'augmenter progressivement est la conduction thermique.

2.7. Avantages du chauffage par induction

Idée de la question : Citer deux avantages du chauffage par induction.

Raisonnement attendu : Énumérer les bénéfices.

Réponse modèle : Deux avantages du chauffage par induction par rapport à un chauffage dans un four sont : 1) un chauffage plus rapide et plus uniforme, 2) une consommation d'énergie plus efficace, car l'énergie est directement transférée au matériau.

3. Synthèse finale

Erreurs fréquentes : Les étudiants peuvent confondre les valeurs d'enthalpie et d'entropie, ou négliger l'importance de justifier leurs réponses avec des raisonnements thermodynamiques.

Points de vigilance : Il est essentiel de bien lire les questions pour répondre précisément, surtout lorsqu'il s'agit de justifications ou d'analyses graphiques.

Conseils pour l'épreuve : Prendre le temps de structurer ses réponses, utiliser des schémas lorsque cela est nécessaire, et relire ses réponses pour s'assurer qu'elles sont complètes et cohérentes.

© FormaV EI. Tous droits réservés.

Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.